

Инженерное прогнозирование особенно интенсивно стало развиваться в последние годы с появлением необходимости научно обоснованного предвидения развития техники, технологии, способов производства работ, новых материалов, конструкций и технических направлений в целом. Проанализировано применение операционной модели инженерного прогнозирования развития низковольтной станочной электроаппаратуры

УДК 621.316

В. П. Самошкин, канд. техн. наук
Е. П. Волкова
А. В. Волков
О. Ю. Полищук
 Харьковская национальная
 академия городского хозяйства

ОПЕРАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИОННОГО ИНЖЕНЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ НИЗОВОЛЬТНОЙ СТАНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОАППАРАТУРЫ

Введение. Инженерное прогнозирование предшествует планированию и проектированию. Оно раскрывает глобальные, потенциально возможные пути развития аппаратуры и отличается от научного предвидения выбором конкретных источников информации, обеспечивающих непрерывность прогнозирования в рамках среднесрочного и краткосрочного периодов.

В инженерном прогнозировании практически используются все доступные источники информации. Имея в виду цели прогнозирования, эти источники можно разделить на две большие группы. Параметрические источники информации и непараметрические источники информации.

К первой относятся источники информации, содержащие в описании соответствующего объекта цифровые параметры (производительность, электроемкость, вероятность безотказной работы, коммутационная способность, износостойкость и т. д.)

К непараметрическим источникам информации относятся документы, не содержащие каких – либо числовых параметров, где изложение сути вопроса дано на уровне «идей». Оценка таких информационных источников представляет одну из характерных особенностей операционной модели инженерного прогнозирования низковольтной станочной электроаппаратуры.

Изложение основного материала. Решение смешанной задачи экстраполяционного прогнозирования может быть получено с помощью аппроксимирующих функций специального вида. Особо эффективно решение тогда, когда главный признак (прогнозный) зависит от двух факторов. При этом возникает двухпараметрическая модель, результаты исследования которой имеют простую геометрическую интерпретацию в трехмерном пространстве. Аппроксимирующая функция имеет вид:

$$y = \alpha_1 \cdot X_1^\beta \cdot X_2^\gamma \quad (1)$$

где α - свободный член уравнения (коэффициент пропорциональности);

β и γ - параметры регрессии, для данной функции они интерпретируются как коэффициенты эластичности, показывающие, на сколько процентов возрастет главный признак при увеличении изменения одного из факторов (при фиксированном значении другого фактора).

Решение смешанной задачи заключается в определении коэффициентов α , β , γ

для прогнозного периода на основе экспериментальных данных, полученных в предпрогнозный период. Оценка прогнозных ситуаций в конечном счете производится анализом сочетаний коэффициентов α , β , γ и прогнозных значений факторов X_1 и X_2 . Процедура вычислений коэффициентов и анализа результатов выполняется в следующей последовательности:

1. Определяют коэффициенты парной корреляции и устанавливают достаточную тесноту связи главного признака с факторами. Наличие тесноты связи свидетельствует о возможности включения конкретных факторов в регрессионную модель. Далее логарифмированием уравнение (1) приводится к линейной форме, т.е.

$$\ln y = \ln \alpha_1 + \beta \cdot \ln X_1 + \gamma \cdot \ln X_2 \quad (2)$$

Информационные выборки формируют для фиксированного значения времени.

Применяя к основному уравнению метод наименьших квадратов, определяют значения коэффициентов за каждый год предпрогнозного периода. Результаты вычислений сводятся в таблицу, в которой отмечается год и, соответствующие ему значения коэффициентов.

2. После проверки значимости коэффициентов и исходного уравнения в целом переходят к собственно прогнозной проблеме. Для этого решается динамическая задача экстраполяции прогнозирования. Данные, относящиеся к коэффициентам α , β , γ рассматриваются в качестве динамических рядов, и задача определения коэффициентов регрессии для трех уравнений сводится к реализации и использованию полинома Чебышева.

В результате получают уравнения типа:

$$\alpha = A_1 + B_1 \cdot t + C_1 \cdot t^2 + \dots, \quad (3)$$

$$\beta = A_2 + B_2 \cdot t + C_2 \cdot t^2 + \dots, \quad (4)$$

$$\gamma = A_3 + B_3 \cdot t + C_3 \cdot t^2 + \dots, \quad (5)$$

где $A_1, B_1, C_1; A_2, B_2, C_2; A_3, B_3, C_3$ - коэффициенты в уравнениях регрессии.

3. После проверки и автокорреляционного корректирования этих уравнений переходят к анализу прогнозных ситуаций. Сумма коэффициентов эластичности выступает в качестве оценки эффективности изменения главного признака, например: изменение объема производства (главный признак) при изменении технологии, основных промышленных фондов (фактор X_1) и численности рабочих на предприятии (Фактор X_2) и т.д. Если значения факторов (X_1 и X_2) увеличиваются в одно и то же количество раз m то главный признак (Y) увеличится в $m^{\beta+\gamma}$. Могут возникнуть следующие прогнозные ситуации:

А) $\gamma + \beta = 1$;

если при этом факторы X_1 и X_2 изменяются в одном и том же отношении, то их результирующее действие проявляется в простом увеличении масштаба главного признака.

Б) $\gamma + \beta > 1$;

произойдет существенное увеличение главного признака при том же состоянии факторов, сложившихся в первой ситуации.

В) $\gamma + \beta < 1$;

произойдет уменьшение главного признака, несмотря на увеличение обуславливающих его факторов.

Рассматривая соотношения, складывающиеся между коэффициентами в прогнозный период, можно получить весьма обстоятельную информацию о поведении главного признака.

При краткосрочном прогнозировании, в рамках разумной экстраполяции, можно получить изображение в трехмерном пространстве совокупности главного признака и факторов, т.е. своеобразную "поверхность прогнозирования". При постоянном значении главного признака образуются соответствующие уровни. Для данного уровня главного признака

$K = const$ имеют место соотношения:

$$X_1 = \sqrt[\beta]{\frac{k}{\alpha \cdot X_2^\gamma}}; \quad X_2 = \sqrt[\gamma]{\frac{k}{\alpha \cdot X_1^\beta}} \quad (6)$$

Эти соотношения дают все возможные комбинации двух Факторов в будущем, необходимые для достижения уровня K , Изображение всех возможных уровней на плоскости (X_1, X_2) дает карту будущего развития производства.

Частные производные: $\frac{\partial X_1}{\partial X_2}, \frac{\partial X_2}{\partial X_1}$ при $K = const$

$$\frac{\partial X_1}{\partial X_2} = \frac{1}{\beta} \cdot \left(\frac{k}{\alpha \cdot X_2^\gamma} \right)^{\frac{1}{\beta}-1} \cdot \left(\frac{k \cdot \gamma \cdot X_2^{\gamma-1}}{\alpha \cdot X_2^{2\gamma}} \right); \quad (7)$$

$$\frac{\partial X_2}{\partial X_1} = -\frac{1}{\gamma} \cdot \left(\frac{k}{\alpha \cdot X_1^\beta} \right)^{\frac{1}{\gamma}-1} \cdot \left(\frac{k \cdot \beta \cdot X_1^{\beta-1}}{\alpha \cdot X_1^{2\beta}} \right); \quad (8)$$

показывают скорости изменения параметров (факторов), что очень важно знать при прогнозировании. Знак минус свидетельствует о том, что относительное увеличение одного из факторов может быть скомпенсировано за счет другого.

Частные производные главного признака по соответствующим факторам образуют функции предельной эффективности факторов, т.е.

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = \alpha \cdot \beta \cdot X_1^{\beta-1} \cdot X_2^\gamma; \quad (9)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = \alpha \cdot \gamma \cdot X_1^\beta \cdot X_2^{\gamma-1}; \quad (10)$$

При: $\frac{\partial Y}{\partial X_1} = const$ и $\frac{\partial Y}{\partial X_2} = const$ предыдущие уравнения дают на плоскости $(Y, X_1; Y, X_2)$ поле скоростей факторов.

Многие динамические ряды при существенном изменении независимой переменной проявляют тенденцию к насыщению (сатурация). Такое поведение динамического ряда имеет вполне определенный, весьма существенный для прогнозирования Физический смысл, свидетельствующий о стабилизации прогнозируемого признака. В историческом аспекте сатурация динамического ряда обозначает смену технических и технологических формаций, что весьма обстоятельно было показано проф. А. А. Зворыкиным на многочисленных примерах из области техники. В этом смысле уравнение

логистической кривой:

$$y = \frac{a}{b + e^{-mt}} \text{ или } y = \frac{1}{a + e^{-bt} + 1}; \quad (11)$$

Создает благоприятную основу для относительно строгой экстраполяции. В этом уравнении отношение параметров, a/b характеризует предельное значение прогнозируемого признака, m - показатель, характеризующий скорость достижения предельного уровня, и

$$\frac{\ln \frac{1}{b}}{m};$$

соответствует моменту времени, когда темп роста главного признака начинает уменьшаться. Такие замечательные свойства логистической кривой широко используются в отечественной прогностике. А с некоторыми изменениями уравнения логистической кривой используются в качестве операционных моделей инженерного прогнозирования.

Традиционный подход к прогнозированию сатурационных процессов основывается на естественном предположении, что экспериментальный динамический ряд описывается по закону логистической кривой, и, таким образом, задача сводится к определению параметров a , b , m . При определении этих параметров по методу наименьших квадратов получается нелинейное уравнение.

Логистическая кривая описывает изменение главного признака на одном из исторических этапов. Таких этапов по времени может быть несколько и для каждого существует своя логистическая или близкая к ней кривая. Можно ожидать, что огибающие кривые будут принимать форму "большой" кривой, описанной вокруг "малых" кривых, характеризующих конкретные этапы. Построение общей огибающей вошло в прогностику под названием "метод огибающих кривых".

Если такая кривая построена для предпрогнозного периода, то основная прогностическая операция в конечном счете сводится к ее экстраполяции на тот или иной период прогнозирования.

Прогнозирование по огибающим кривым занимает одно из первых мест по использованию его в практике прогнозных разработок.

В связи с разнотипностью "малых кривых" для каждого из исторических этапов и возможностью разрыва между этапами строгое математическое решение задачи затруднительно. Принципиально аналитическое решение возможно, однако результаты его чрезвычайно громоздки. Поэтому в прогностике применяют различные графо-аналитические приемы, с помощью которых огибающая кривая отображается в табличной форме. В соответствии с выбранной аппроксимирующей функцией и табличными данными на основе метода наименьших квадратов определяются коэффициенты уравнения регрессии, и формально задача сводится к решению динамической задачи экстраполяционного прогнозирования.

Интересный способ прогнозирования по огибающим кривым предложили Г.М.Добров, Л.П. Смирнов, Ю.В.Ершов. Способ состоит в сочетании использования статистических и информационных данных. На графике для i -го года отмечаются значения главного признака (параметры конструкции или технологии).

Образуются верхняя и нижняя границы главного признака. Аналогичная процедура осуществляется для следующего года предпрогнозного периода и т.д. Верхние

границы объединяются огибающей кривой, для которой подбирается уравнение связи. Подбор уравнения связи может быть также выполнен средствами регрессионного анализа с использованием метода наименьших квадратов. Полученное уравнение экстраполируется на тот или иной период прогнозирования. Аналогичным образом поступают с нижними границами признака. В результате образуется область, очерченная верхней и нижней огибающими, характеризующая возможные диапазоны изменения главного признака в прогнозный период. При этом совершенствование конструкции учитывается в неявной форме.

В. А. Лисичкин предложил другой подход, при котором для каждого элемента конструкции составляется динамический ряд. В результате для конструкции в целом образуется матрица, называемая эволюционной.

$$\left\| \begin{array}{ccc|ccc} a_1(t_0) & a_1(t_1) & a_1(t_2) & a_1(t_3) & a_1(t_4) & \dots & a_1(t_m) \\ a_2(t_0) & a_2(t_1) & a_2(t_2) & a_2(t_3) & a_2(t_4) & \dots & a_2(t_m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_n(t_0) & a_n(t_1) & a_n(t_2) & a_n(t_3) & a_n(t_4) & \dots & a_n(t_m) \end{array} \right\| \quad (12)$$

Строки этой матрицы соответствуют изменению элементов подсистемы $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ во времени, а столбцы характеризуют состояние элементов подсистемы в фиксированный момент времени. Матрица состоит из двух миноров (разграниченных вертикальным пунктиром). В левой половине размещается предпрогнозная информация. Правая часть матрицы отражает прогнозную информацию, т.е. состояние элементов в будущем. Для реализации этого подхода разработаны блок-схемы формирования информационного массива в предпрогнозный период и программа вычислений прогнозных ситуаций в прогнозируемый период.

Метод моделирования основан на целесообразном абстрагировании процессов развития события в будущем. Различаются разновидности: логические, информационные и математические модели, математическое моделирование является наиболее общим и вместе с тем достаточно строгим методом прогнозирования.

Метод моделирования в какой-то мере является методической основой инженерного прогнозирования. Инженерное прогнозирование проявляется в анализе информационных источников и нормировании моделей прогнозирования. Практика, как критерий истины и движущая сила познания, проявляется в инженерном прогнозировании в форме верификации прогнозов, т.е. способности моделей выдавать опережающую информацию в соответствии с совокупностью технических идей, накопленных наукой и практикой в предпрогнозный период.

Для практических целей может быть использована гипотетическая схема, в которой устанавливается связь между уровнями научно-технических разработок и типичными периодами прогнозирования.

УРОВНИ	ПРОГНОЗЫ
Поисковые работы -----	сверхдолгосрочные (не ограничено)
Планируемые научно – исследовательские работы -----	долгосрочные (16 – 30 лет)
Законченные НИР -----	среднесрочные (10 -15 лет)
Патентование -----	среднесрочные (5 – 9 лет)
Проектные разработки -----	краткосрочные (2 – 4 года)
Современное состояние производства -----	нулевая новизна

Схему можно интерпретировать как причинно обусловленную связь уровней и генерированных ими источников информации. Так, позитивные результаты фундаментальных теоретических исследований создают предпосылки для постановки конкретных исследовательских тем. На уровне законченных научно-исследовательских работ формируется уровень патентования. Многочисленные данные подтверждают, что интенсивность патентования зависит от результативности исследований. Разрабатывая новую технику, конструкторы, пользуясь патентами, создают на бумаге изделия с характерным уровнем параметров. Процесс воплощения проектных решений в опытные образцы, а затем в серийное производство окончательно формирует уровень современного производства. Суть научно-технического прогресса состоит в повторении процесса генерирования информации на новом более высоком уровне фундаментальных исследований.

Рассмотренная схема позволяет целесообразно разграничить исследовательский прогноз на научное предвидение и инженерное прогнозирование. Инженерное прогнозирование базируется на источниках информации, в которых позитивно уже содержится информация о будущем, и в его задачу входит прежде всего рафинирование этой информации. Научное прогнозирование основывается на поисковых (иногда незаконченных) исследованиях, которые могут привести к отрицательным (негативным) результатам. Инженерное прогнозирование более конкретно в смысле определения содержания прогноза и сроков наступления событий, но вместе с тем предвидение дает более отдаленную, хотя и менее вероятную перспективу.

Под инженерным прогнозированием понимается научно обоснованная информация, отражающая в вероятностной постановке потенциальные возможности развития низковольтной станочной аппаратуры. Инженерное прогнозирование рассматривается в целом как технико-экономическая задача. Оно создает реальную базу для последующего специального экономического прогнозирования, планирования и конкретного проектирования.

Литература

1. Бронштейн И. Н., Семедяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов. Совместное издание: Лейпциг: «Тойбнер» и М.: «Наука», 1981, - 720с.

ОПЕРАЦІЙНА МОДЕЛЬ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ НИЗЬКОВОЛЬТНОЇ ВЕРСТАТНОЇ ЕЛЕКТРОАПАРАТУРИ

В. П. Самошкін, О. П. Волкова, О. В. Волков, О. Ю. Поліщук

Інженерне прогнозування особливо інтенсивно почало розвиватися в останні роки з появою необхідності науково обґрунтованого передбачення розвитку техніки, технології, засобів провадження робіт, нових матеріалів, конструкцій і технічних напрямків в цілому.

THE OPERATING MODEL OF ENGINEERING PREDICTION OF DEVELOPMENT LOW – VOLTAGE THE MACHINE TOOL OF ELECTRICAL INSTRUMENTATION

V. P. Samoshkin, E. P. Volkova, A. V. Volkov, O. Y. Polishchuk

The engineering prediction specially intensively began to develop last years with appearance of necessity of the scientifically reasonable anticipating of an advance in technology, technology, ways of effecting activities new stuffs, designs and technical directions as a whole.